

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-321483

(43)Date of publication of application : 03.12.1996

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065
C23F 4/00

(21)Application number : 06-217700

(71)Applicant : IMPERIAL COLLEGE OF SCI
TECHNOL & MEDICINE
SHIN GIJUTSU JIGYODAN

(22)Date of filing : 12.09.1994

(72)Inventor : KANEKO TADAAKI
KAWAMURA TAKAAKI
BRUCE A JOYCE

(54) ETCHING OF SEMICONDUCTOR CRYSTAL

(57)Abstract:

PURPOSE: To enable dry etching with good flatness and reproducibility with a simplified means by conducting dry etching for the semiconductor crystal surface with the unit of single atom layer by bromides.

CONSTITUTION: There is provided a semiconductor crystal etching method for dry etching the semiconductor crystal surface with bromide in a single atomic unit. Moreover, since the bromide, As, Br, AsBr₂, AsBr₃ are used, this etching method does not depend on the surface index of the crystal surface. In the etching by this bromide, atoms to be etched are the atoms at the step and kink positions, and the atom layer can be etched in unit of single layer in order to preferentially remove the step/kink which form the projected and recessed regions at the surface, and a flat surface can be obtained in the atomic level.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.07.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3118377

[Date of registration] 06.10.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

特開平8-321483

(43) 公開日 平成8年(1996)12月3日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/3065			H 0 1 L 21/302	F
C 2 3 F 4/00			C 2 3 F 4/00	E

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平6-217700

(22) 出願日 平成6年(1994)9月12日

(71) 出願人 594153133

インベリアル カレッジ オブ サイエンス,
テクノロジー アンド メディシン
イギリス ロンドン SW7 2AZ エ
キシピション ロード シェフィールド
ビルディング

(71) 出願人 390014535

新技術事業団
埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(72) 発明者 金子 忠昭

長野県諏訪市湖南1879

(74) 代理人 弁理士 西澤 利夫

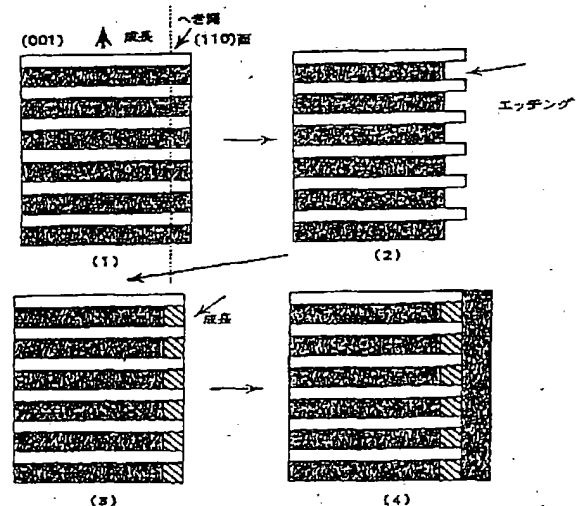
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体結晶のエッチング方法

(57) 【要約】

【構成】 半導体結晶表面を臭素化物により一原子層単位でドライエッチングする。

【効果】 平坦性に優れた、一原子層単位のドライエッチングが実現され、多様な量子デバイス特性を生かした素子の実現が可能となる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体結晶表面を臭素化物により一原子層単位でドライエッチングすることを特徴とする半導体結晶のエッチング方法。

【請求項2】 臭素化物として AsBr 、 AsBr_2 、 AsBr_3 を用いる請求項1のエッチング方法。

【請求項3】 結晶表面の面指数に依存しない請求項1または2のエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、半導体結晶表面のエッチング方法に関するものである。さらに詳しくは、この発明は、マイクロエレクトロニクスにおける量子デバイス作製の基礎技術として有用な、ドライエッチング方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術とその課題】 近年、マイクロエレクトロニクスの中核をなすULSIの集積度の向上とともに、これら量子デバイスにおける回路パターンは微細化の一途をたどっている。従来、半導体デバイスの作製プロセスでは、絶縁膜や金属薄膜の不要部分を、レジストパターン通りに高精度で取り除くための基礎技術として、半導体結晶のエッチング法が広く採用されており、このエッチング法のための手段として、ハロゲンガスをを用いたドライエッチングの検討も進められている。このドライエッチングは、超高真空中の比較的清浄な雰囲気中でエッチングを行うため、微細な量子デバイスの加工が可能なものとして期待されている。

【0003】 たとえば、デバイス材料として代表的なシリコン(Si)については、フッ素および塩素系のハロゲンガスによるドライエッチングプロセスが検討されてきている。しかしながら、これまでのところ、このシリコンの場合についても、より微細な量子素子を作製するためのドライエッチングプロセスはいまだ完成していないのが実情である。そして、GaAs等の化合物半導体についてもドライエッチングプロセスに関する報告は多いが、量子素子の作製を可能とする技術的手段についてはいまだその手がかりも見出されていない。

【0004】 たとえば、GaAsはSiに比べ電子の移動度が大きく、Siより高周波、高速の動作が可能な材料であって、資源の豊かさ、結晶の完全性等の点から工業規模の大きさで発展し過去20年にわたり約3年で4倍の割合で集積度を向上させてきたSiに代わり、その限界を克服する化合物半導体の1種としてその優れた性質と多様性で注目されているものである。またこのGaAs等の化合物半導体のエピタキシャル結晶技術として、MBE(分子線エピタキシャル成長)法や、MOCVD(気相成長)法等の技術が進歩し、一様な結晶成長が可能になってきており、化合物半導体のデバイス材料としての重要度は増してきている。

2

【0005】 しかしながら、量子デバイスの加工において必要な、半導体結晶のドライエッチング技術は、化合物半導体についてはその事例が多くなく、その技術が確立されているとは言えない状況にある。例えば、添付の図1は、GaAsのドライエッチングの事例を示したものであるが、GaAs(110)面のハロゲンガス Br_2 を用いたエッチング(温度450℃)の場合、[112]、[100]方向に優先的にエッチングが進む。そしてこの場合、2原子層高さのステップはエッチングされにくく、三角形のエッチピットが残り、原子レベルでの平坦な表面が得られない。このため、均一な再現性の良い結晶成長も期待できない。つまり、これまでの技術手段では、化合物半導体については、その原子レベルにおける、どの面指数においても均一な、平坦性の良い一原子層単位のドライエッチング技術は確立されていなかった。

【0006】 そこでこの発明は、このような課題を解決するものとして、従来の化合物半導体等のハロゲンガスによるドライエッチング方法の技術的限界を克服し、半導体結晶に対して、簡便な手段で平坦性や再現性のよいドライエッチングを可能とする新しい方法を提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】 この発明は、上記の課題を解決するものとして、半導体結晶表面を臭素化物により一原子層単位でドライエッチングすることを特徴とする半導体結晶のエッチング方法を提供する。

【0008】

【作用】 この発明の方法は、上記の通り、半導体結晶表面を臭素化物により原子層一層単位でドライエッチングすることにより、平坦性のよい表面を再現性よく得ることを可能としている。たとえばGaAs結晶の表面は(100)、(110)、(111)のいずれの面でも面指数によらず一層単位でのエッチングが可能となる。

【0009】 この方法の特徴は、Brの化合物つまり臭素化物によるエッチングという新しい発想のもとに、これまでの技術的知見によっては全く予期できなかった画期的な作用効果を実現することにある。さらに詳しく説明すると、この臭素化物によるエッチングでは、エッチングされていく原子が表面のステップ位置およびキンク位置の原子であって、表面の凹凸を構成しているステップ・キンクを優先的に取り除くため、原子層を一層単位でエッチングすることができる。このような一層単位でのエッチングの結果得られる表面はきわめて平坦性の高いものである。すなわち原子レベルで平坦な表面を得ることができる。さらにこの方法はへき開面である(110)でも、面指数に関わらない同様なエッチングを可能としている。

【0010】 また、この方法はMBE(分子線エピタキシャル成長)法、MOMBE(有機金属分子線エピタキ

シャル成長)法等と組み合わせて使うことができる。この場合、結晶成長とエッチングとを同時に、あるいは交互に組み合わせて行うことができ、その結果、きわめて良質な結晶成長を、簡便に再現性良く行うことができる。

【0011】さらに、図2で示した過程を行うことにより、多重量子細線の作成が可能になる。すなわち、まず、(1)の過程で(100)面上のMBE成長を利用し、量子井戸を作る。これを(110)面でへき開した後、(2)の過程でこの発明の方法を用いてエッチングする。(3)の過程でエッチングで生じた溝に量子細線を作るようにMBE成長を行う。最後に(4)の過程でキャップ相を成長させる。これらの過程で量子井戸の構造およびエッチングの選択性を変えることにより、さまざまな形の多重量子細線の作成が可能となる。

【0012】この発明の方法においては、臭素化物ガスを用いて超高真空中で、たとえば 10^{-8} pas. レベルへの排気後、 $10^{-6} \sim 10^{-5}$ pas. のガス分圧でのエッチャントガスの導入によりエッチングを実施することができる。エッチングには、すべての結晶表面を等しく削り取る等方性エッチングと、面によってその速度の異なる異方性エッチングという二つの作用に区分することができ、前者は、前記の通り、表面に凹凸がある場合、それを取り除き平滑化する作用であって、後者は逆に、平坦な面から任意の面を削り取った微細な構造を積極的に作り出す作用である。

【0013】従来のドライエッチングでは、このどちらか一方の働きのために特化されたエッチャントを用いて表面加工してきた。ところが、この発明では、臭素化物をエッチャントとすることにより、両方の作用を、温度の制御だけで選択的に作用させることができるという優れた特徴が実現されることになる。

【0014】たとえば、砒素の臭素化物を用いる場合には、等方性エッチングとなるのが高温側であって、異方性エッチングとなるのが低温側である。そして、この低温側での作用は、従来よりも低い温度で実施可能である。臭素化物としては、より好ましくはAsとの化合物、たとえば AsBr_3 、 AsBr_2 、 AsBr がその代表的なものとして例示される。もちろん、他種のものであってもよい。

【0015】このように、化合物半導体を含む半導体結晶表面を臭化物により一層単位でドライエッチングする技術は、原子層のレベルでの一様な結晶成長を可能に

し、さらに、Siだけでは望むことができなかった化合物半導体特有の、多様な量子デバイス特性を生かした有用な素子の実現も可能となる。もちろんこの発明の方法では、化合物半導体を含む半導体結晶の種類について特に限定されることはなく、AlAs、GaAlAs、InAs、GaSb、GaP、Si、Geなど様々なものが考えられる。

【0016】以下実施例を示し、さらに詳しくこの発明の方法について述べる。

【0017】

【実施例】GaAs(100)面について、 380°C から 630°C の範囲で、 AsBr_3 を 0.36 SCCM を供給してエッチングを行った。一層単位のエッチングができた。GaAs(110)面の場合には、 380°C から 480°C の範囲で AsBr_3 を 0.36 SCCM 供給したときに一層単位のエッチングができた。GaAs(111)面の場合には、 350°C から 650°C の範囲で、 AsBr_3 を 0.36 SCCM 供給したときに一層単位のエッチングができた。また、エッチャントとして他の砒素の臭素化物 AsBr_2 、 AsBr を用いた場合にも同様のエッチングが可能であった。なお、エッチングの進行状況は反射電子回折(RHEED)の強度振動を使ってモニターした。これにより任意の平坦性のところでエッチングを停止することができた。

【0018】同様に、GaAlAs、GaSb、GaPのIII-V族化合物半導体、Si、Geについてもエッチングできることが確認された。

【0019】

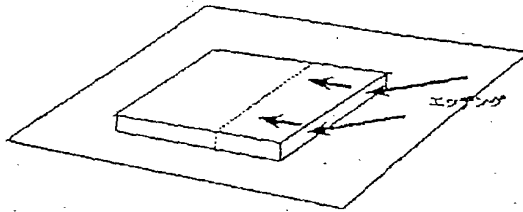
【発明の効果】以上詳しく説明した通り、この発明により、化合物半導体を含む半導体結晶表面を臭素化物により一原子層単位でドライエッチングすることが可能になる。さらにこの発明の方法をMBE法、MOMBE法などの結晶成長法と組み合わせることにより、原子層のレベルでの一様な結晶成長が可能となる。さらに、Siだけでは望むことができなかった化合物半導体特有の、多様な量子デバイス特性を生かした有用な素子の実現も可能となる。

【図面の簡単な説明】

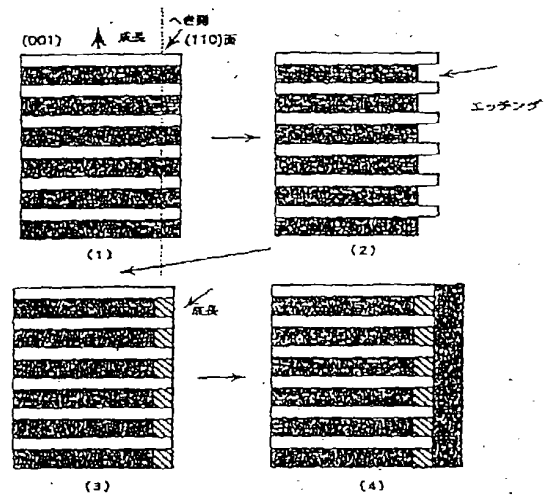
【図1】従来方法としてのGaAsのドライエッチングの事例を示した概略図である。

【図2】この発明の方法として多重量子細線の作成の様子を示した工程概略図である。

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 川村 隆明

東京都豊島区目白4-8-8

(72)発明者 ブルース エー, ジョイス

イギリス ロンドン SW7 2BZ プ
リンズ コンソート ロード インターデ
ィサプラナリー リサーチ センター フ
ォー セミコンダクター マテリアルズ,
ユニバーシティー オブ ロンドン 内

